

УДК 622.232 (470.53)

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ СИЛЬВИНИТОВЫХ ПЛАСТОВ
С РЕГУЛЯРНЫМ ОСТАВЛЕНИЕМ СТОЛБЧАТЫХ ЦЕЛИКОВ
НА ВЕРХНЕКАМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ
КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

В. А. Соловьев, А. И. Секунцов, Д. С. Чернопазов

Рассматривается производственный опыт отработки сильвинитовых пластов с регулярным оставлением столбчатых целиков и основные направления дальнейшего совершенствования технологии при выемке сближенных пластов. Приведена оценка полноты извлечения руды из недр при применении данной технологии. Определены запасы сильвинитового пласта АБ, которые возможно отработать по данной технологии.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей; камерная система разработки; потери полезного ископаемого; геомеханическая оценка; столбчатые целики.

На Верхнекамском месторождении калийных солей (ВКМКС) разработка сильвинитовых пластов традиционно ведется камерной системой с оставлением междукамерных ленточных целиков. Отбойка осуществляется комбайновым способом. Извлечение по системе разработки изменяется в диапазоне 30–55 % и зависит от множества горно-геологических и горнотехнических факторов.

Применительно к условиям Верхнекамского месторождения калийных солей на сегодняшний день (в связи с доработкой основных запасов рудников Первого и Третьего Соликамских (СКРУ-1, СКРУ-3) и Второго Березниковского (БКПРУ-2), а также с целью продления срока службы действующих предприятий) остро стоит вопрос об увеличении степени извлечения полезного ископаемого из недр. Перед авторами была поставлена задача создать новый безопасный и эффективный способ разработки продуктивных пластов ВКМКС, позволяющий обрабатывать сильвинитовые пласты с большим извлечением полезного ископаемого из недр.

Анализируя мировой опыт разработки калийных месторождений, выделяют технологию отработки сильвинитового пласта Красный-II камерной системой разработки с оставлением столбчатых целиков на руднике БКПРУ-1, разработанную Уральским филиалом ВНИИГ в конце XX в. Суть данной технологии заключалась в буровзрывной выемке с применением самоходного оборудования

при оставлении в выработанном пространстве квадратных в плане целиков (рис. 1).

Необходимо отметить, что отработка велась по одному пласту. Параметры столбчатых целиков принимали исходя из условия равенства извлечения при оставлении ленточных целиков. Технология прошла промышленную проверку и успешно применялась на руднике БКПРУ-1 [1]. В среднем за год производительность труда рабочих при новой технологии составляла 222 т/чел.-смену вместо 150 т/чел.-смену при комбайновой выемке. Однако после выработки нормативного срока службы применявшегося оборудования и в связи со сложными социально-экономическими условиями в стране на рубеже 1980–1990-х гг. и отсутствием замены амортизированного оборудования для буровзрывной выемки камерная система разработки со столбчатыми целиками на Верхнекамском месторождении была забыта.

Анализ состояния элементов камерных систем разработки указывает на повышенную устойчивость камерных систем разработки с оставлением столбчатых целиков, что достигается за счет применения несущих элементов равной жесткости, деформирование и разрушение которых происходит равномерно во времени [2]. Сравнительная геомеханическая оценка состояния элементов систем разработки методами математического моделирования свидетельствует о том, что при равном нагружении целиков система разработки с регуляр-

ным оставлением столбчатых целиков характеризуется большей степенью извлечения ($\omega = 72,5\%$ для камерной системы разработки со столбчатыми целиками и $\omega = 62,5\%$ для камерной системы разработки с ленточными

междукамерными целиками).

Одним из путей повышения извлечения полезного ископаемого из недр может стать применение камерной системы разработки с регулярным оставлением столбчатых це-

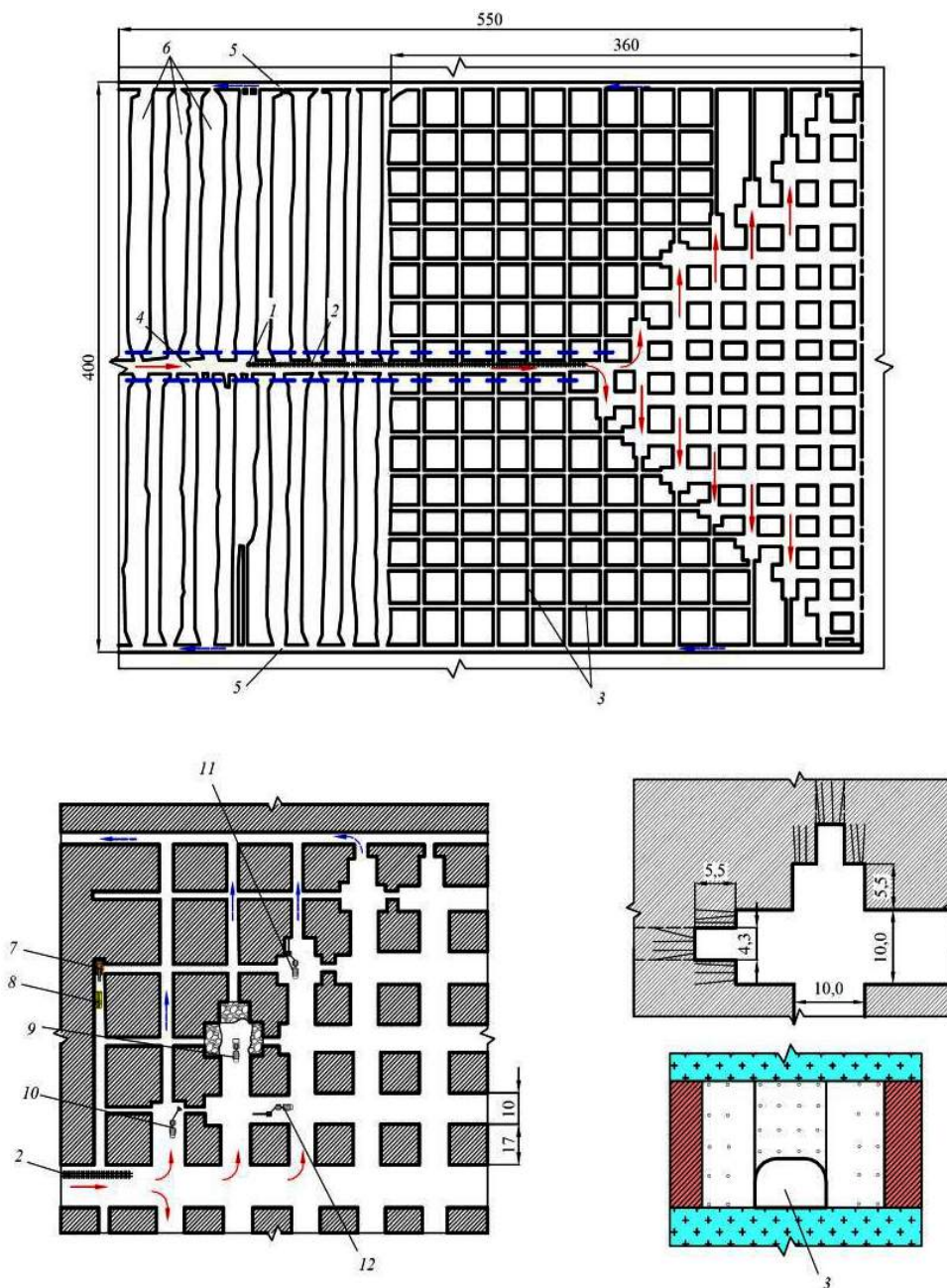


Рис. 1. Технологическая схема выемки сильвинитового пласта Красный-II на бывшем руднике БКПРУ-1:

- 1 – рудопуск; 2 – скребковый конвейер СП-80К; 3 – разрезные выработки, пройденные комбайном «Урал-10КС»;
- 4 – выемочный штрек; 5 – вентиляционный штрек; 6 – ранее отработанная очистная камера; 7 – комбайн «Урал-10КС»;
- 8 – самоходный вагон 5BC-15M; 9 – ПДМ ST-8V; 10 – механический оборщик кровли; 11 – бурильная установка PEC24.IFR. D6.E60; 12 – PEC.24.IBR.D6.E60

ликов. В связи с этим были разработаны основные положения технологии отработки двух сближенных сильвинитовых пластов с оставлением столбчатых целиков по верхне-

му обрабатываемому пласту и с оставлением ленточных целиков по нижнему.

Такая комбинация систем разработки при выемке двух сближенных пластов вызвана

следующими соображениями:

– анализ горно-геологических условий, перспективных к отработке частей месторождения, указывает на небольшую мощность (1,5–3,0 м) верхнего обрабатываемого пласта

АБ. Несмотря на меньшую прочность пород пласта АБ, следует вывод о большей устойчивости целиков по верхнему пласту в сравнении с более мощным нижним пластом Красный-II;

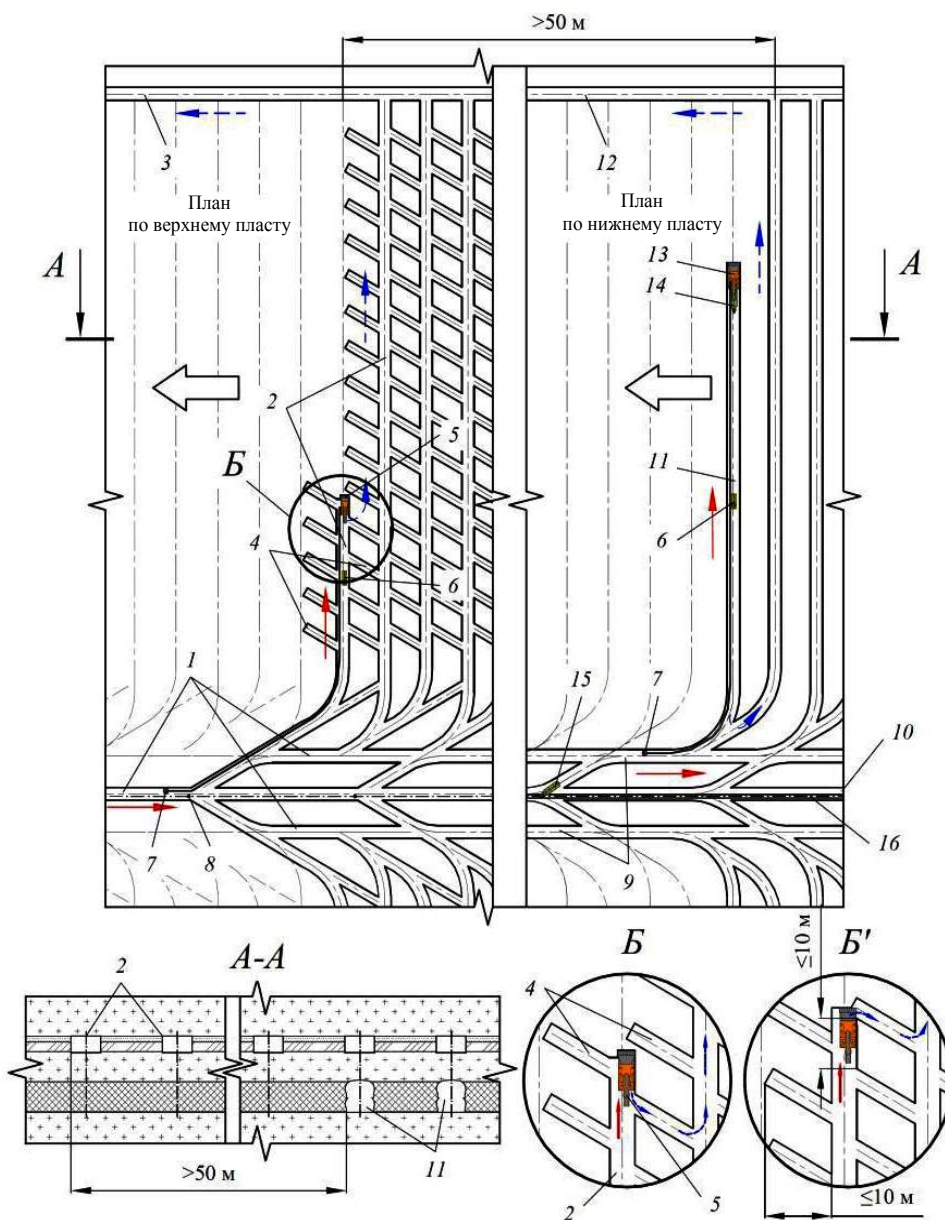


Рис. 2. Схема подготовки и отработки блока по пластам АБ и Красный-II:

1 – выемочный штрек пласта АБ; 2 – очистная камера пласта АБ; 3 – вентиляционный штрек пласта АБ; 4 – междукамерная сбойка; 5 – проходческо-очистной комбайн с барабанным исполнительным органом; 6 – самоходный вагон; 7 – вентилятор местного проветривания с вентиляционный ставом; 8 – рудоспускная скважина; 9 – выемочный штрек пласта Красный-II; 10 – конвейерный штрек пласта Красный-II; 11 – очистная камера по пласту Красный-II; 12 – вентиляционный штрек пласта Красный-II; 13 – проходческо-очистной комбайн; 14 – бункер-перегрузатель; 15 – бункер-дозатор (СБД-300); 16 – блокочный конвейер

– отсутствует мировая практика отработки двух и более сближенных сильвинитовых пластов с оставлением столбчатых целиков [3–5];

– необходимо обеспечивать строгую соосность столбчатых целиков по двум и более

обрабатываемым пластам, что является на практике трудноразрешимой задачей.

Технологическая схема отработки двух сильвинитовых пластов с оставлением столбчатых целиков по верхнему пласту и ленточных по нижнему приведена на рис. 2.

По данной технологии отработку камер по верхнему пласту предполагается осуществлять комбайнами с барабанным исполнительным органом, которые обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с применяемыми на месторождении комбайнами с роторным и планетарным исполнительными органами:

- большей маневренностью;
- способностью изменения вынимаемой мощности пласта;
- высокой производительностью по отбойке руды.

Однако первый опыт применения комбайнов с барабанным исполнительным органом [3] на Верхнекамском месторождении свидетельствует о значительном пылеобразовании, затрудняющем процесс очистной выемки. Применяемые системы пылеподавления, устанавливаемые на комбайны данного типа, основаны на мокром способе пылеподавления, который трудноосуществим при разработке калийных и соляных месторождений.

В связи с этим основные положения технологии отбойки руды в камерах должны сопровождаться сквозным проветриванием с удалением исходящей запыленной струи воздуха в отработанное пространство за счет общешахтной депрессии, например, за счет удаления запыленного воздуха в выработанное пространство через междукамерную сбойку, ближайшую к очистному забою (рис. 2).

Данное технологическое решение позволяет:

- значительно снизить запыленность в очистном забое;
- за счет применения системы разработки со столбчатыми целиками увеличить извлечение по системе разработки двух отработываемых пластов (АБ и Красный-II) не менее чем на 10 %.

Следует отметить, что перспективные к отработке площади ВКМКС, расположенные, как правило, в краевых частях месторождения, характеризуются все ухудшающимися горно-геологическими условиями:

- интенсивной внутрисоляной складчатостью;
- резким изменением глубины залегания продуктивных пластов;
- уменьшением мощностей пластов и междупластий вблизи границ калийной залежи месторождения;
- высоким содержанием нерастворимого остатка вблизи границ месторождения.

Возможность комбинированной выемки запасов сильвинитовых пластов с применением камерной системы разработки и вариантов камерной системы с оставлением столбчатых целиков оценена с позиции степени влияния комбинации параметров несущих элементов системы разработки на распределение горного давления по сечению ленточного междукамерного целика.

Некоторые результаты выполненных расчетов представлены на рис. 3.

В результате расчетов установлено, что при отработке верхнего пласта с оставлением столбчатых целиков, а нижнего с оставлением ленточных происходит резко неоднородное нагружение ленточного целика нижнего отработываемого пласта, что негативно сказывается на состоянии элементов системы разработки.

Проведена оценка возможности регулярной прорезки ленточных целиков по верхнему сильвинитовому пласту выработкой ограниченных размеров. Применение камерной системы разработки с регулярной прорезкой междукамерных ленточных целиков актуально для условий разработки сильвинитового пласта АБ, выемка которого в настоящее время ведется со значительным запасом по степени нагружения. Дополнительным условием применения такой системы разработки является вовлечение в отработку некондиционных по мощности пластов.

Анализ результатов выполненных расчетов показывает возможность увеличения степени извлечения руды из сильвинитовых пластов без ухудшения геомеханического состояния породного массива при регулярных прорезках ленточных целиков. С другой стороны, комбинация ленточных междукамерных целиков с прорезкой по пласту АБ и без прорезок по пласту Красный-II показывает меньшую неоднородность напряженного состояния породного массива, реализующегося в целиках по пласту Красный-II по сравнению с вариантом применения столбчатых целиков (рис. 3).

В связи с этим по горно-геологическим и горнотехническим условиям выбраны участки, на которых оценивалась возможность безопасной отработки сильвинитовых пластов камерной системой разработки с регулярной прорезкой междукамерных целиков по верхнему отработываемому пласту.

Согласно методическим указаниям [6, 7],

проведены расчеты для оценки возможности безопасной разработки сильвинитовых пластов Половодовского участка и на неотработанной части шахтного поля СКРУ-3

камерной системой разработки с регулярной прорезкой ленточных целиков по верхнему разрабатываемому пласту.

Расчеты показали, что камеры по верх-

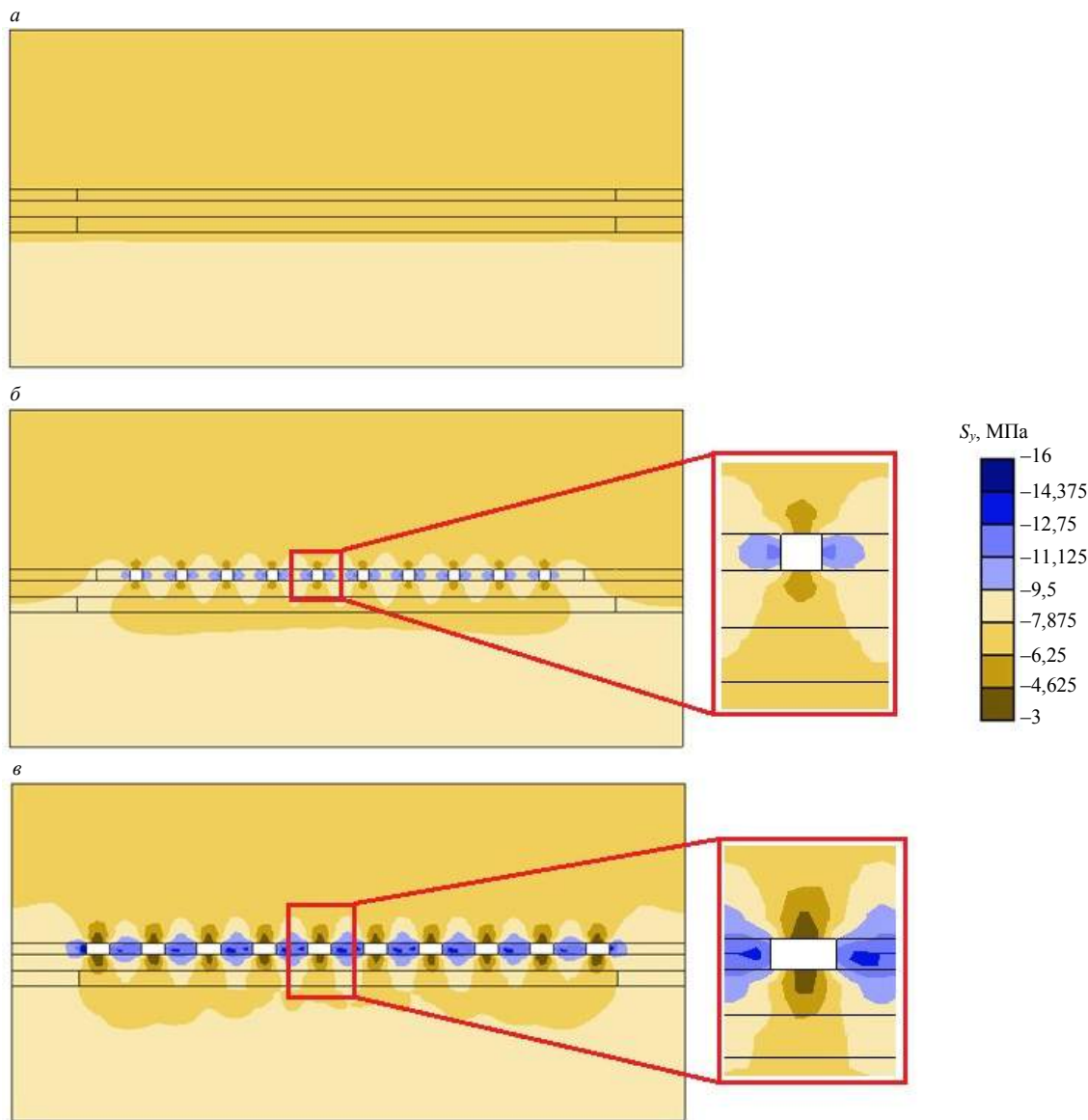


Рис. 3. Изолинии сжимающих напряжений при применении систем разработки сближенных пластов АБ и Красный-II:

a – камерной с ленточными целиками; *б* – камерной с регулярной прорезкой междукамерных целиков; *в* – камерно-столбовой

нему отработываемому пласту должны проходиться комбайном с барабанным исполнительным органом согласно следующим требованиям:

- создание возможности регулирования вынимаемой мощности пласта в условиях малых мощностей пласта АБ на Половодовском участке и неотработанной части СКРУ-3;

- необходимость высокой маневренности комбайнов с барабанным исполнительным органом при проходке междукамерных сбоек.

При выполнении расчетов полагали степень извлечения по системе разработки равной 50 %, при этом если достигается степень нагружения междукамерных целиков ниже допустимого значения, то появляется возможность повышения извлечения.

В связи с невозможностью обеспечения условий безопасной отработки двух и более сильвинитовых пластов камерной системой разработки с регулярным оставлением столбчатых целиков предлагается для реализации

вариант системы разработки с регулярной прорезкой междукамерных ленточных целиков по верхнему обрабатываемому пласту.

Определены площади в пределах Половодского участка и неотработанной части шахтного поля СКРУ-3, пригодные для безопасной отработки камерной системой разработки с регулярной прорезкой ленточных целиков по верхнему обрабатываемому пласту. Предполагаемые запасы, пригодные для отработки с прорезками целиков, составляют 700 млн т, при этом дополнительное извлечение за счет применения технологии с прорезками по сравнению с традиционной системой разработки с оставлением столбчатых целиков составит не менее 5 %. Подобные площади, пригодные для выемки с прорезками целиков, имеются на шахтных полях Талицкого ГОКа

и Усть-Яйвинского участка.

Укрупненная технико-экономическая оценка показала, что применение технологии с регулярной прорезкой междукамерных ленточных целиков по верхнему обрабатываемому пласту целесообразно с точки зрения получаемого дисконтируемого дохода, однако инвестиционные вложения при данной технологии будут недостаточно эффективны в сравнении с применяемой камерной системой разработки, так как вовлечение больших объемов запасов приведет к увеличению срока службы предприятия и соответственно увеличит затраты на поддержание производства. Сокращение срока отработки больших объемов запасов возможно с применением более производительных барабанных комбайнов, например, 14СМ производства фирмы JOY.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев В. А. Эффективное применение самоходного оборудования на подземных горных работах. Пермь: ПГТУ, 2005. 356 с.
2. Чернопазов Д. С. Геомеханическая и геодинамическая оценка эффективности применения современных систем разработки калийных месторождений в условиях Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей // Рациональное освоение недр. 2012. № 5.
3. Рекомендации по применению комбайнов с барабанным исполнительным органом типа «Хелимайнер»: отчет (заключит.) / УФ ВНИИГ; рук. В. Я. Ковтун. Пермь, 1984.
4. Отчет о командировке специалистов калийной промышленности России и Республики Беларусь в Канаду и США на калийные предприятия и порты: отчет / СПЭК; ОАО «Галургия»; исп. Ю. П. Ольховиков. М.; Пермь, 1997.
5. Смычник А. Д., Морев А. Б., Васьюк А. Б. Системы разработки калийных месторождений: технологические схемы, оборудование, эффективность // Горная механика. 2008. № 4.
6. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей: технологический регламент. СПб., 2008.
7. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей: метод. рекомендации. СПб., 2008.

Поступила в редакцию 7 сентября 2013 г.

Соловьев Вячеслав Алексеевич – доктор технических наук, заведующий лабораторией геодинамической безопасности ОАО «Галургия», профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Пермского национального исследовательского политехнического университета. 614002, г. Пермь, ул. Сибирская, 94, ОАО «Галургия».

E-mail: Solovev@gallurgy.ru

Секунцов Андрей Игоревич – научный сотрудник ОАО «Галургия», аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета. 614002, г. Пермь, ул. Сибирская, 94, ОАО «Галургия».

Чернопазов Дмитрий Сергеевич – кандидат технических наук, научный сотрудник ОАО «Галургия», аспирант Пермского государственного национального исследовательского университета. 614002, г. Пермь, ул. Сибирская, 94, ОАО «Галургия».